

Műtrágyák hatása a talaj mikroflórájára

HELMECZI BALÁZS

Agrártudományi Egyetem, Talajtani és Mikrobiológiai Tanszék, Debrecen

A műtrágyadózis és hatóanyag-arány megállapításával, valamint a növények termés-eredményire, a talaj szerkezetére stb. gyakorolt hatásával igen sokan foglalkoztak és foglalkoznak. Megállapítást nyert, hogy a műtrágyáknak a termés mennyiségére gyakorolt elsődleges hatásukon kívül számos egyéb kedvező hatásuk is van. Ezekre utalnak LÁNG [10], DUCK és MÁTÉ [4] és mások munkái is.

A kedvező hatások mellett azonban egyre inkább számítani lehet a műtrágyák kedvezőtlen, a környezetet szennyező, káros hatásaira is. Számos közlemény foglalkozik a kimosódás és erózió által a természetes vizekbe jutott műtrágyák szennyező hatásával.

Joggal vetődik fel a kérdés, hogy a műtrágyák hogyan befolyásolják a talajéletet, a talaj élővilágát? Az ezzel foglalkozó közlemények száma még mindig kevés, és meglehetősen ellentmondásosak is. A talajélet károsodásával kapcsolatos problémákat illetően BECK [3] szerint nincs ok aggodalomra. A korábbi vizsgálatok feltárták, hogy a talajélet nagyobb mértékű változása a műtrágyázás hatására főleg olyan talajokon várható, amelyek a fontosabb tápelemekben (NPK) igen szegények, vagy mikroelemhiányban szenvednek. Ilyen szélsőséges viszonyok között (rétláp, mohaláp és túlelű erdő nyers feltalajában) is vizsgálták a mikroorganizmusok váltakozását, és megállapították, hogy a talajbaktériumok száma a műtrágyázás hatására erőteljesen növekedett. Megítélésem szerint ez nem véletlen, hiszen tudjuk, hogy a mikroorganizmusok normál fejlődéséhez is elég nagy mennyiségű ásványi anyagra van szükség, de csak megközelítően ismerjük az arányokat.

Egy másik szélsőséget jelentenek a műtrágyák alkalmazása szempontjából az olyan talajok, amelyeket hosszú idő óta, vagy egyáltalán nem trágyáztak. Az ilyen talajokon végzett műtrágyázás hatására a talaj-mikroorganizmusoknál igen erős gátló, sokkhatást figyeltek meg.

A normál talajviszonyok között végzett kísérletek alapján, a műtrágyák talajéletre gyakorolt hatását értékelő közleményeket az alábbiak szerint lehet csoportosítani.

Vannak, akik a mikrobaszámra gyakorolt hatást vizsgálva részbeni serkentésről, illetve egyéb anyagokkal (istállótrágya, mész) történt kiegészítés esetén megmutatkozó biztosabb serkentő hatásról számolnak be. Előbbiek közé sorolhatók RÜBENSAM és munkatársai [17], SZEMBER és munkatársai [19], KASZUBIAK és PAJEWSKA [8] és mások közleményei, míg utóbbiak közé STEINBRENNER [18] munkája, amelyben egy közel negyed százados műtrágyázási tartamkísérlet mikrobiológiai vizsgálati eredményeiről számol be.

Egyértelmű serkentő hatást tapasztaltak KOEPKE és HÄHNEL [9], NARAYANASWAMI—VEERRAJU [13], MISUSZTIN [11] és mások.

Ugyanakkor többen megfigyelték, hogy a nagyadagú műtrágyák (pl. 120 kg N/ha fölött) csökkentik a talaj-mikroorganizmusok számát [5, 12, 14].

Vannak [1, 2, 16], akik szerint a műtrágyák talaj-mikroorganizmusokra gyakorolt hatása nem egyértelmű.

A vizsgálatok anyaga és módszere

A kísérleti munkát 1971—1980 közötti évben a K-9-es („Talajtermékenység fokozása alapvetően új irányok kidolgozásával”) országos kutatási célprogram keretében végeztük. A téma 1971-ben, mint tárcaszintű komplex kutatási főtéma, „A talaj optimális víz- és

tápanyagellátásának együttes kutatásai” címmel a Debreceni Agrártudományi Egyetem területén a Növénytermesztési Tanszék koordinációjával jött létre. Ebben a keretben lehetőségünk volt egy 30 hektáros területen (Hajduszoboszló és Nagyhegyes térségében), mintaszerűen elrendezett agrár-ökoszisztémában vizsgálni a talajban lejátszódó mikrobiológiai folyamatokat.

A kísérletek első évében (1971) végzett fizikai, kémiai és szelvényvizsgálatok szerint a terület talaja réti csernozjom. A vizsgálat adatait az 1. táblázat tartalmazza.

Az 1. táblázat adatai szerint a vizsgált fizikai tulajdonságok tekintetében a kísérleti terület kielégítően homogén. Hasonlóan jellemezhető az összes-N és a humusztartalom tekintetében is.

1. táblázat

A kísérleti terület talaját jellemző adatok

Megnevezés	Statistikai mutatók		
	\bar{X}	s	CV
K_A	44	1,86	7,8
hy	3,08	0,08	2,7
Leiszapolható rész, %	53	1,37	2,6
pH (H_2O)	6,0	—	—
pH (KCl)	5,7	—	—
y_1	6,3	1,74	28
$CaCO_3$, %	0	—	—
Humusz, %	3,2	—	—
Összes N, %	0,167	0,0107	6,4
P_2O_5 (AL)	3,0	2,39	30
K_2O (AL)	20,9	3,32	16

Kevésbé volt homogén a terület az AL-oldható K_2O -tartalom és erősen heterogén a hidrolitos savanyúsági értékek, illetve az AL-oldható P_2O_5 -tartalom tekintetében.

A kísérleteket 13 kezeléssel, 5 ismétlésben, 7 növénykultúrával, öntözött és nem öntözött variációban állítottuk be. A kísérletben alkalmazott kezeléseket a 2. táblázat tartalmazza.

A kísérleti terület talajának öt fiziológiai csoportba tartozó baktériumszámát minden évben, áprilistól decemberig határoztuk meg. A vizsgálat céljára a talajmintát a 2. táblázatban megadott 13 kezelés öt-öt ismétléséből 10—10 pontról gyűjtöttük, és az átlagmintákat laboratóriumban homogenizáltuk. Az átlagmintákból készített hígítási sorból az öt csoportba tartozó baktériumok számának meghatározását párhuzamosan, — apróbb módosításoktól eltekintve — POCHON és TARDIEUX [15] szerint végeztük.

Az összegombszámot lemezöntéssel, négyféle szilárd táptalajon (Czapek-agar; savanyú, szintetikus táptalaj; pepton-glükóz agar; oxgall agar) talajszuszpenzióból állapítottuk meg. A mikroszkopikus gombák kvalitatív vizsgálata során a talajban előforduló kitenyészthető és termőképlettel rendelkező gombákat nemzetség szintjéig identifikáltuk.

A vizsgálatok eredményei

A mikroflórára vonatkozó kísérletek eredményeinek ismertetése előtt röviden szólnunk kell azokról a kémiai vizsgálatokról, amelyeket a témával összefüggésben KÁTAI JÁNOS és MILE FERENC munkatársaimmal végeztünk. Ezek eredményeit az 1—4. ábrákon mutatjuk be.

2. táblázat

A kísérletben alkalmazott kezelések

A kezelések		Jelmagyarázat		
sorszáma	jelzése			
1.	\emptyset	\emptyset =kontroll		
2.	$N_1 P_1 K_1$	$N_1=80, P_1=60, K_1=70$ kg hatóanyag/ha		
3.	$N_2 P_2 K_2$	$N_2=160, P_2=120, K_2=140$ kg hatóanyag/ha		
4.	$N_3 P_3 K_3$	$N_3=240, P_3=180, K_3=210$ kg hatóanyag/ha		
5.	$N_4 P_4 K_4$	$N_4=320, P_4=240, K_4=280$ kg hatóanyag/ha		
6.	$N_2 P_2 K_2 + W$	$W=W_{uxal}, Me=\text{mikroelem}, P=\text{Perlit}$ (200 kg/ha)		
7.	$N_4 P_4 K_4 + W$			
<i>A mikroelem-keverék összetétele</i>				
8.	$N_2 P_2 K_2 + Me$		Perlittel kg/ha	Permetben kg/ha
9.	$N_4 P_4 K_4 + Me$			
10.	$N_2 P_2 K_2 + Me + P$	Mn-szulfát	40,0	2,0
11.	$N_4 P_4 K_4 + Me + P$	Cu-szulfát	10,0	0,5
12.	$N_2 P_2 K_2 + P$	Zn-szulfát	10,0	0,5
13.	$N_4 P_4 K_4 + P$	NH ₄ -molibdenát	0,5	0,025

A kezelések 1975, illetve 1978-tól az alábbiak szerint változtak:

1975-től

$N_1 = 65, P_1 = 45, K_1 = 53$ kg hatóanyag/ha

$N_2 = 130, P_2 = 90, K_2 = 106$ kg hatóanyag/ha

$N_3 = 180, P_3 = 135, K_3 = 159$ kg hatóanyag/ha

$N_4 = 240, P_4 = 180, K_4 = 212$ kg hatóanyag/ha

A 12. és 13. kezelés esetében perlit helyett mész (4 évenként)

1978-tól (1977 őszén)

10. kezelés 30 t/ha istállótrágya

11. kezelés 60 t/ha istállótrágya (4 évenként)

Az 1. ábrán látható, hogy a több éves intenzív műtrágyázás hatására csökkent a talaj H₂O-ban és KCl-ben mért pH-értéke. A szerves trágyázás mérsékli, a műtrágyával együtt adott mész kivédi a műtrágya savanyító hatását.

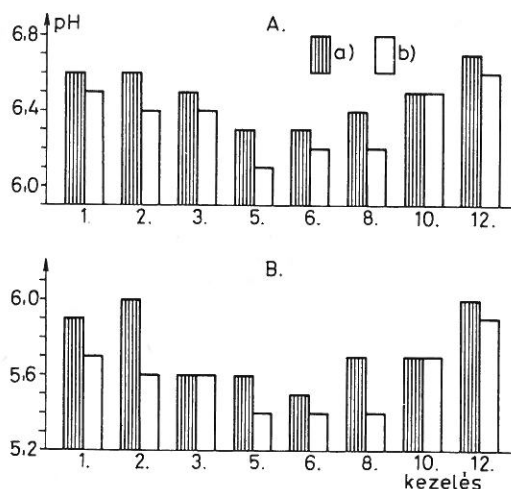
A talaj AL-oldható foszfortartalma a kontrollparcellákon az indulási (kísérlet kezdeti) értékhez viszonyítva közel felére csökkent, míg a legnagyobb dózisú műtrágyát kapott parcellákon két és félszeresére növekedett. A kontrollparcellák AL-oldható kálium-tartalma szinte a kiindulási érték szintjén maradt, de a legnagyobb műtrágyadózisnál is csupán 20% körüli értékkel növekedett (2. ábra).

A szervesetlen N-formák változását évente három alkalommal (tavasz, nyár, ősz) a talaj 200 cm mély szelvényéből 20 cm-enként vett mintából mértük. A 3. ábra alapján megállapítható, hogy a szervesetlen N-formák közül elhelyezkedését tekintve legstabilabbnak az NH₄-N tekinthető. Elhelyezkedésének tendenciája egy közel lineárisan csökkenő szakasz után (60–80 cm) egyenletes lefutást mutat. A műtrágyázás növelte, az öntözés csökkentette az NH₄-N tartalmat. Ez utóbbi jelenség minden valószínűség szerint a nitrifikáció stimulálása révén következik be.

A NO₂-N a 200 cm-es talajszelvény valamennyi rétegében megtalálható, és mennyiségét a műtrágyázás egyértelműen növeli. Az NO₂-N-nél mért szélső értékek különbségei nagyobbak,

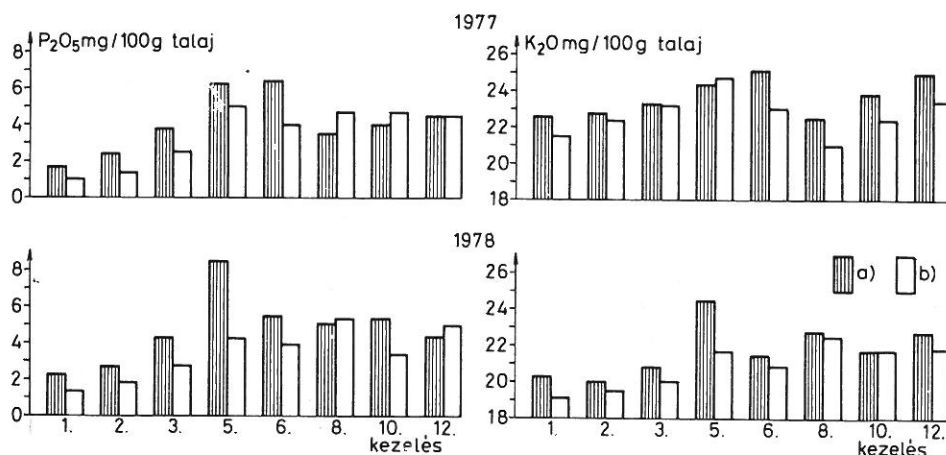
mint az $\text{NH}_4\text{-N}$ esetében. Rétegenkénti eloszlása is sajátos képet mutat, amennyiben megfigyelhető egy olyan maximum, ami az öntözetlen kezelésekben 40—80, az öntözöttekben pedig 60—100 cm közé esik.

A $\text{NO}_3\text{-N}$ -re vonatkozó adatok még nagyobb szélső értékeket mutatnak. Szelvénybeli eloszlása viszont az előzőhöz ($\text{NO}_2\text{-N}$) hasonló tendenciájú. Itt is megfigyelhető a maximum, de ez 20—40 cm-rel mélyebben jelentkezik, mint a $\text{NO}_2\text{-N}$ esetében. Környezetvédelmi



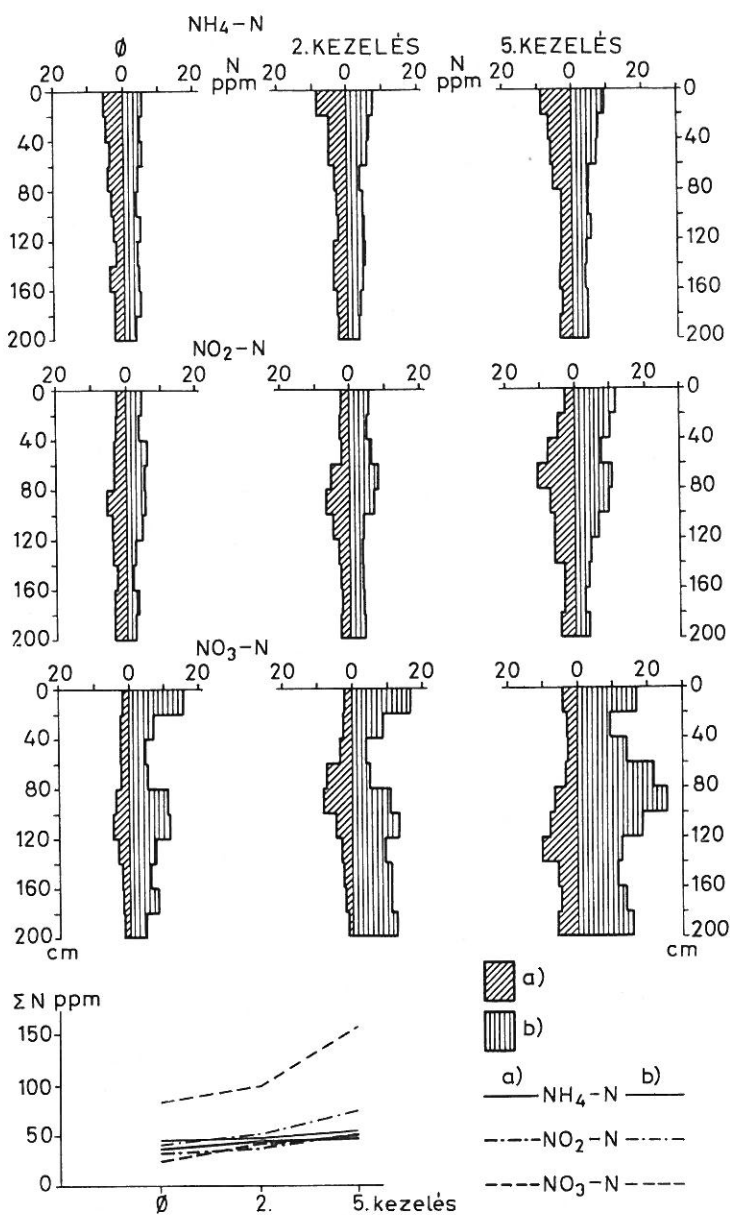
1. ábra

A talaj pH-értékének változása műtrágyázás hatására öntözött és nem öntözött viszonyok között (Hajdúszoboszló, 2 év, 1977—1978 átlaga). A. Desztillált vizes szuszpenzióban mért pH-értékek. B. KCl-os szuszpenzióban mért pH-értékek. a) nem öntözött; b) öntözött



2. ábra

A talaj AL-oldható foszfor- és káliumtartalmának változása műtrágyázás hatására öntözött és nem öntözött viszonyok között (Hajdúszoboszló, 1977—1978). a) nem öntözött; b) öntözött



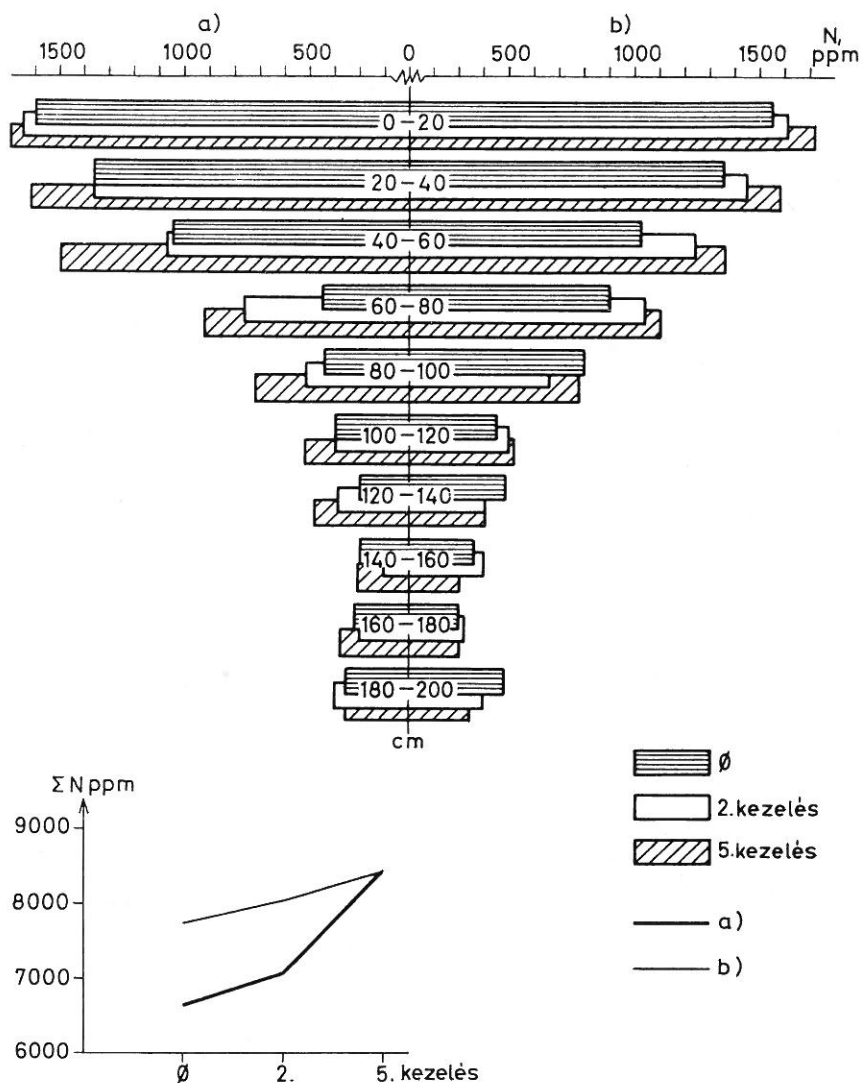
3. ábra

Öntözés és műtrágyázás hatása a szervesetlen N-formák fluktuációjára (Hajdúszoboszló, 1979, éves átlagértékek). Vízszintes tengely: N, ppm. Függőleges tengely: mélység, cm. a) öntözött; b) nem öntözött

szempontból is különös figyelmet érdemel a szelvény 100—140 cm-es rétegének magas $\text{NO}_3\text{-N}$ -tartalma.

A 4. ábra mutatja, hogy a műtrágya a talaj szerves-N-tartalmát is növeli. A szerves-N-tartalom felülről lefelé csökken, majd pedig közel állandó szinten stabilizálódik.

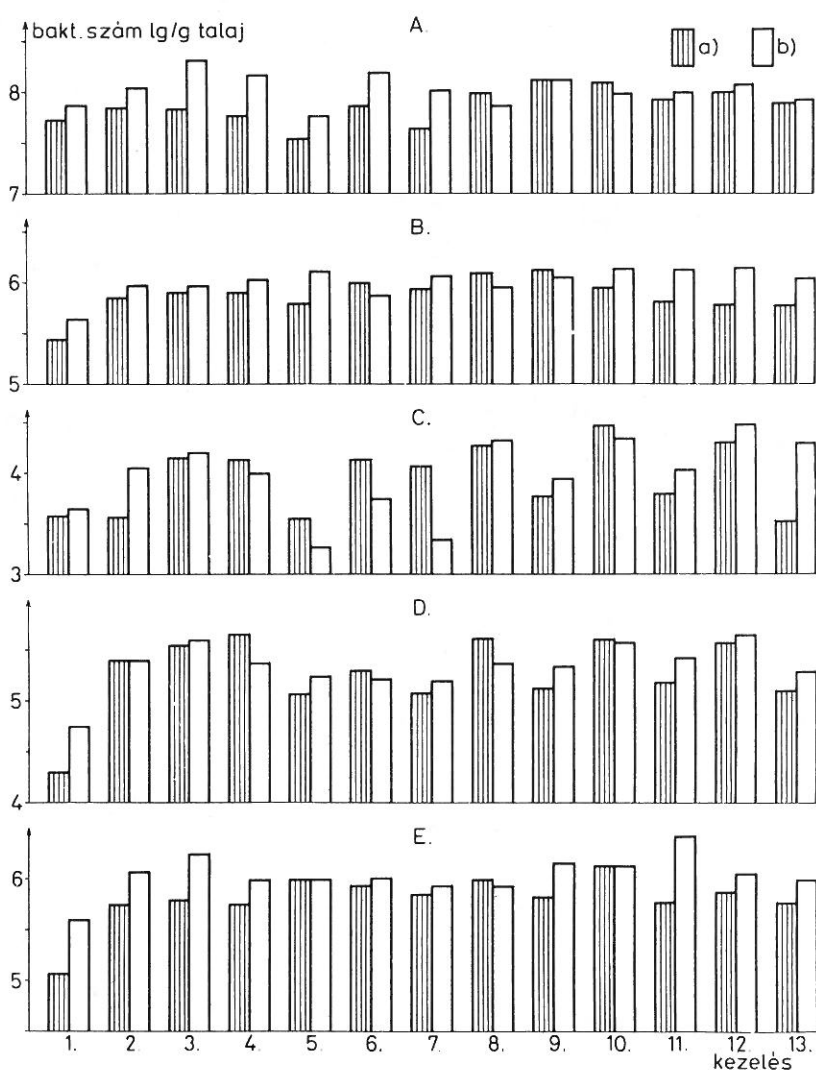
A szerves és szervetlen N-formák közötti kapcsolat tekintetében legszorosabb összefüggést az $\text{NH}_4\text{-N}$ és leglazábbat az $\text{NO}_3\text{-N}$ között lehet megfigyelni.



4. ábra
A szerves N mennyisége az egyes talajszelvényekben 200 cm mélységig. a) öntözött; b) nem öntözött

A műtrágyák (és öntözés) talajbaktériumokra gyakorolt hatását a már ismertett kísérleti területen 10 éven át vizsgáltuk. Az eredmények részletezésének mellőzésével e helyen csupán a tendenciák érzékeltetésére törekszünk. Ennek megfelelően az öt fiziológiai csoportra vonatkozóan az eredményeket a 10 éves átlagnak megfelelően mutatjuk be (5. ábra).

Az 5. ábra alapján kisebb-nagyobb mértékben ugyan, de minden fiziológiai csoportra vonatkozóan elmondható, hogy a kisebb dózisok (163–420 kg vegyes hatóanyag/ha) általában

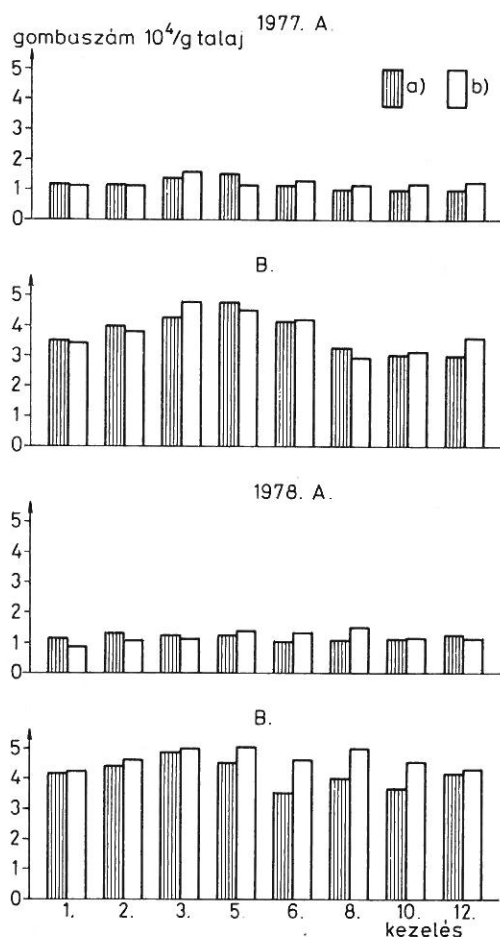


5. ábra

Az összes baktériumszám változása (A), valamint az aerob N_2 -kötő (B), az aerob cellulózbontó (C), a nitrifikáló (D) és az aerob fehérjebontó (E) baktériumok mennyiségi változása különböző tápanyagellátás és öntözés hatására (Hajdúszoboszló, átlagértékek 1971–1980); a) nem öntözött; b) öntözött

serkentették, míg a nagyobb dózisok (474—840 kg vegyes hatóanyag/ha) gátolták a baktériumok tevékenységét.

Az egyes évek vizsgálati eredményeit külön-külön értékelve megállapítottuk, hogy a kísérletek első éveiben gátlónak mutakozó műtrágyadózisok a későbbi években semleges, esetleg serkentő hatásúak voltak. Ennek magyarázatát több tényezőben kereshetjük. Feltételezhető, hogy ebben jelentős szerepet játszik a baktériumok magas fokú alkalmazkodó képessége is. Nyilvánvalónak látszik, hogy a műtrágya serkentő hatásának érvényesülésében maga a műtrágya csak közvetett szerepet játszik. Az alkalmazott műtrágyák hatására nemcsak a növények termése, hanem ezzel párhuzamosan a talajra hullott növényi maradvány és a gyökértömeg is növekszik, s így egyre nagyobb mennyiségű szerves anyag áll a mikroorganizmu-

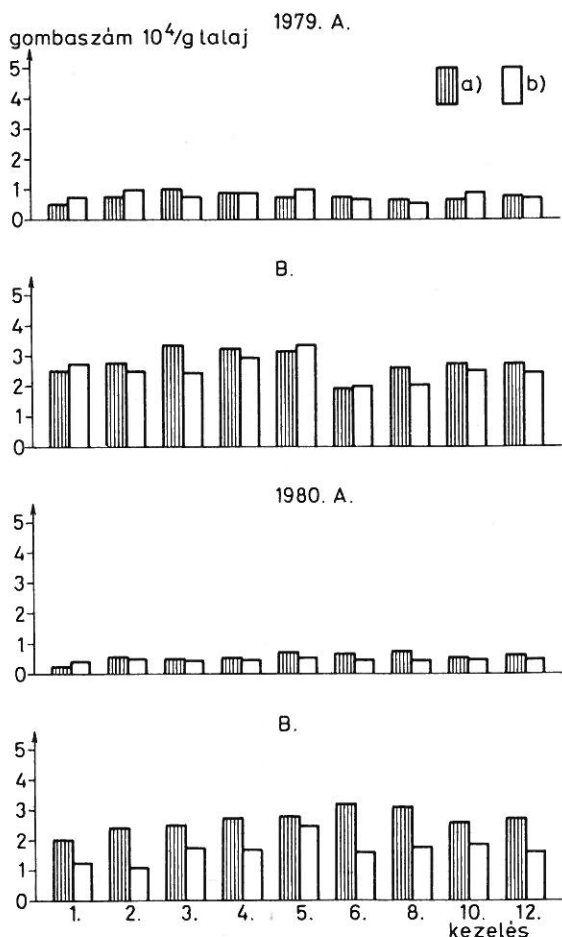


6. ábra

Mikroszkopikus gombák mennyiségi változása a talajban műtrágyázás hatására öntözött és nem öntözött viszonyok között (négy táptalajon mért átlagértékek) (Hajdúszoboszló, 1977—1978). A. 100-szoros hígításból; B. 1000-szeres hígításból meghatározva. a) nem öntözött; b) öntözött

sok rendelkezésére. Elképzelhető az is, hogy miként a kémiai folyamatok (a talajban is) egyensúlyra vezetnek, úgy a mikrobiális tevékenységben is fellép egy „belső szabályozás”. Ez utóbbi egyensúly azonban sokkal bonyolultabb és nehezebben figyelhető meg.

A nagyobb dózisú műtrágyáknak a baktériumok szaporodását gátló hatása (az ábrákon is látható módon) egyéb anyagok — mikroelemek, perlit, mész, istállótrágya — együttes alkalmazásával csökkent. Az öntözés — különösen száraz években — kedvezően befolyásolta a baktériumok szaporodását, és csökkentette a műtrágya gátló hatását. Ilyenkor nemcsak a baktériumok száma, hanem — méréseink szerint — aktivitása is jelentősen növekedett.



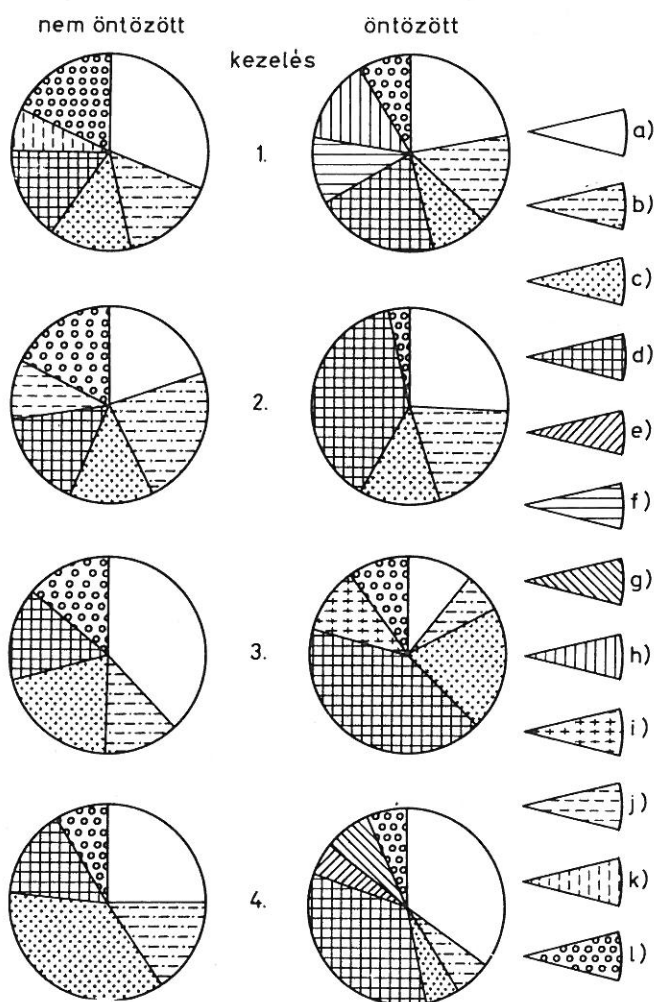
7. ábra

Mikroszkopikus gombák mennyiségi változása a talajban műtrágyázás hatására öntözött és nem öntözött viszonyok között (négy táptalajon mért átlagértékek) (Hajdúszoboszló, 1979—1980). Jelzések: lásd 6. ábra

A műtrágya (és öntözés) talajmikrogombákra gyakorolt hatását az utóbbi öt évben KÁTAI JÁNOS munkatársammal tanulmányoztuk. A lemezöntéssel meghatározott összgombaszámot hígításonként és évenként elválasztva a 6. ábrán mutatjuk be.

A kétféle hígítás mellett kapott összgombaszám abszolút értékben különbözik ugyan egymástól, de az eredmények tendenciájában nagy hasonlóságot figyeltünk meg.

A lemezöntéssel meghatározott, négy táptalajon mért és átlagolt gombaszámot tanulmányozva megállapíthatjuk, hogy növekvő műtrágyadózissal az 1., 2., 3. (kontroll, kis-,



8. ábra

Mikroszkopikus gombák genus szerinti megoszlása műtrágyázás hatására öntözött és nem öntözött viszonyok között (Hajdúszoboszló, 1979, két mérés átlaga). a) *Aspergillus* sp.; b) *Fusarium* sp.; c) *Penicillium* sp.; d) *Trichoderma* sp.; e) *Trichophyton* sp.; f) *Scopulariopsis* sp.; g) *Pseudobotrytis* sp.; h) *Rhizopus* sp.; i) *Mucor* sp.; j) *Alternaria* sp.; k) *Heterosporium* sp.; l) egyéb

közepes adagú műtrágya) kezelésekben fokozatosan emelkedik, az 5. (nagyadagú műtrágya) kezelésben — a 3. kezeléshez viszonyítva — kismértékben vagy alig változik a talajból kitenyészített gombák mennyisége.

A 7. ábrán látható, hogy 1977-ben és 1978-ban az öntözött kezelésekben több gombát találtunk, mint az öntöztelenekben. 1979-ben nem észleltünk lényeges különbséget az öntözött és öntöztelen kezelések összgombaszámai között. 1980-ban nem érvényesülhetett az öntözés hatása a bőséges csapadék miatt (530 mm évi átlag helyett 760 mm). Ebben az évben az öntöztelen kezelésekben mértünk magasabb gombaszámértékeket.

Mikroszkópi vizsgálatok során összesen 52 nemzetséghez tartozó mikroszkopikus gombát sikerült a kísérleti terület talajából kitenyészteni és azonosítani. Az 5%-nál nagyobb

3. táblázat

Gomba-genusok száma öntözött és nem öntözött kezelésekben

Kezelések	Gomba-genusok száma	
	nem öntözött	öntözött
Kontroll (1.)	20	10
Kisadagú műtrágya (2.)	19	6
Közepes adagú műtrágya (3.)	22	9
Nagyadagú műtrágya (5.)	14	10

gyakorisággal előforduló genusok száma 15 volt, ezek eredményeit kördiagramon mutatjuk be kezelésenként, az áprilisi és a júniusi értékeket összevontan (8. ábra). Az 5%-nál kisebb előfordulású mikroszkopikus gombanemzetségeket „egyéb” kategóriába soroltuk (37 genus). Mennyiségük együttesen 0—32% között ingadozott.

A 3. táblázat adatai szerint öntöztelen körülmények között növekvő műtrágyadózissal, valamint öntözés hatására csökkent az „egyéb” viszonylag ritka gyakorisággal előforduló gomba-genusok száma.

A növekvő műtrágyadózis hatására a gombaszám 5—45%-kal emelkedett, de a talajból kitenyészthető gombák genusainak, illetve fajainak száma 21-ről 14-re csökkent.

Öntözés mellett — elsősorban 1977 és 78-ban — az éves gombaszám értéke magasabbnak mutatkozott, viszont 50—70%-kal (21-ről 6—10-re) csökkent a mikroszkopikus gomba-genusok száma.

Összefoglalás

1. A biológiai vizsgálatokat kiegészítő kémiai vizsgálatok eredményei azt mutatják, hogy a kísérleti terület talajának oldható foszfor- és kálium-, illetve szerves és szervetlen összes N-tartalma — a műtrágyadózisnak megfelelően — növekedett, míg a pH értéke csökkent. Környezetvédelmi szempontból is figyelmet érdemel a talajszelvény 100—140 cm-es rétegében mért magas $\text{NO}_3\text{-N}$ -tartalom.

2. A 10 éves kísérlet első két évében — főleg a nagyobb dózisú — műtrágyák hatására a különböző fiziológiai csoportba tartozó baktériumok (elsősorban az aerob cellulóz-bontók, s részben az aerob N_2 -kötők) száma csökkent.

3. A kísérletek 3—4. évétől a kis- és közepes dózisú műtrágya baktériumokra gyakorolt enyhe serkentő hatását tapasztaltuk, amely hatás a későbbi években növekedett, majd pedig stabilizálódott.

4. A kis- és közepes dózisú műtrágyáknak a talajbaktériumok szaporodására gyakorolt kedvező hatása a nitrifikáló baktériumoknál volt a legnagyobb, az aerob N_2 -kötőknél a legkisebb mértékű.

5. A nagyobb dózisú műtrágyáknak a baktériumok szaporodását és aktivitását gátló hatása egyéb anyagok (mikroelemek, perlit, mész, istállótrágya) együttes alkalmazásával csökkent.

6. Az öntözés — különösen erősen száraz években — kedvezően befolyásolta a baktériumok szaporodását. Ilyenkor nemcsak a baktériumok száma, hanem — méréseink szerint — azok aktivitása is jelentősen növekedett.

7. Műtrágyázás és öntözés hatására a mikroszkopikus gombák mennyisége nőtt a talajban, viszont a gombaflóra szegényebbé vált. A ritkább előfordulása gombák helyét is a domináló gomba-genusok, illetve fajok vették át.

Irodalom

- [1] APFELTHALER, R. & NOVÁK, B.: Zmeny nekterych biologickych a chemickych vlastnosti pudy vlivem izolovaného pusobeni organickych a minerálnich hnojiv. Rostlinná Vyroba. 15. 157—162. 1969.
- [2] AVDONIN, N. Sz. & LEBEDEVA, L. A.: Vlijanie dlitel'nogo primenenija udobrenij i izvesztkovaniya na szvojsztva kizslüh pocsv. Agrohimiya. (7). 3—11. 1970.
- [3] BECK, T.: Mikrobiologie des Bodens. Bayer. Landw. München-Wien. 1968.
- [4] DUCK T. & MÁTÉ F.: A talaj tápanyagtartalmának és termékenységének összefüggése erodált csernozjomokon. Agrokémia és Talajtan. 22. 65—82. 1973.
- [5] FELIMONOV, D. A.: Dejsztvie mineral'nyh udobrenij na biologiceszkuju aktivnoszt' pocsvü kul'turnogo pasztbicsa. Him. Szel. Hozj. Moszkva. 11. (10) 26—28. 1973.
- [6] HELMECZI B.: Mesterséges ökológiai faktorok talajmikrobiológiai értékelése teresztris agrár-ökoszisztémákban. Akad. doktori értekezés. 1979.
- [7] KASZUBIAK, H.: The influence of mineral fertilizers on microorganisms in various conditions of the soil environment. II. The influence of mineral fertilizers on some groups of microorganisms at different soil moisture. Polish J. Soil Sci. 9. 41—46. 1976.
- [8] KASZUBIAK, H. & PAJEWSKA, M.: The influence of mineral fertilizers on microorganisms in various conditions of the soil environment. I. The influence of mineral fertilizers on some groups of microorganisms at different soil cultivation. Polish J. Soil Sci. 9. 35—40. 1976.
- [9] KOEPKE, E. & HÄHNEL, W.: Untersuchungen über den Einfluss unterschiedlicher Düngung auf die Anzahl der Mikroorganismen im „Statischen Versuch“ Lauchstädt. 1. Mitteilung.: Veränderung der Bakterien-, Aktinomyzeten- und Pilzkeimzahl. Albrecht-Thaer-Arch. Berlin. 13. 839—848. 1969.
- [10] LÁNG G.: Az intenzív műtrágyázás néhány növénytermesztési problémája. Agrártud. Közlem. 30. 1—15. 1971.
- [11] MISUSZTIN, E. N.: Mikroorganizmü i produktinoszty. Zemledelija. Izd. Nauka. Moszkva. 1972.
- [12] MISUSZTIN, E. N.: Torene i pocsvno-mikrobiologocni proceszi. Pocsvozn. Agrohimi. Szofija. 11. 109—120. 1976.
- [13] NARAYANASWAMI, R. & VEERRAJU, V.: IAA synthesis in paddy soil as influenced by ammonium sulphate fertilization. Curr. Sci. Bangalore. 38. 517—518. 1969.

- [14] PAJEWSKA, M. & KASZUBIAK, H.: Wplyw roznych form azetu i organicznego wegla na rozwoj azotobaktera w glebie. Pam. Pulaw. (63) 177—182. 1975.
- [15] POCHON, J. & TARDIEUX, P.: Techniques d'analyse en microbiologie du sol. Editions de la Tourelle. St. Mande. 1962.
- [16] POKORNA-KOZOVA, J. & APFELTHALTER, R.: Einfluss der organomineralischen Düngung auf die mikrobiellen und biochemischen Vorgänge im Boden. Zbl. Bakt. Abt. II. Naturwiss. Abt. Jena. 125. 250—262. 1970.
- [17] RÜBENSAM, E. et al.: Die Veränderungen der Bodenmikroflora und -mesofauna im Thyrower Nährstoffmangelversuch. Albrecht-Thaer-Arch. 6. 403—412. 1962.
- [18] STEINBRENNER, K.: Mikrobiologische Veränderungen durch langjährige Düngungsmassnahmen. Zbl. Bakt. Abt. 2. Allg. Landw. Techn. Mikrobiol. Jena. 116. 6. 581592. 1963
- [19] SZEMBER, A. et al.: Wplyw nawozenia mineralnego pszenioy i rzepaku na procesy mikrobiologiczne w glebie. Annls. Univ. Mariae Curie-Sklodowskaja. Section E. Lublin 28/29. 397—417. 1974.